昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, January 2013, 56(1): 104 – 110 ISSN 0454-6296

斑翅肩花蝽布丁人工饲料的饲养效果评价

李 立[1,#,*]，杨佳妮[2,#]，杨 桦[3]，胡海宏[1]
（1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所，昆明 650224；2. 北京林业大学梁希 2010 级理科实验班，北京 100083；
3. 昆明医科大学附属延安医院，昆明 650051）

摘要：斑翅肩花蝽 *Tetraphleps galchanoides* Ghauri 是铁杉球蚜 *Adelges tsugae*（Annand）（hemlock woolly adelgid）的重要天敌。为开展斑翅肩花蝽的人工繁殖，我们自主研制了一种主要成分为蛋白质、脂肪、碳水化合物的原料配制布丁人工饲料，所配制人工饲料产率为 74.5%，含水率为 8.6%，感官评定得分为 81.7 分。为评价斑翅肩花蝽布丁人工饲料的饲养效果，在实验室以铁杉球蚜作对照，用布丁人工饲料饲养斑翅肩花蝽，测定了斑翅肩花蝽若虫发育历期、存活率及成虫繁殖力，并调查了若虫和成虫林间捕食量。结果表明：用布丁人工饲料饲养的斑翅肩花蝽若虫发育历期（103.2 ± 6.5 d）与对照的若虫发育历期（105.7 ± 8.4 d）不存在显著差异（$P > 0.05$）；用布丁人工饲料饲养的斑翅肩花蝽若虫存活率（73.2%）略低于对照的若虫存活率（77.4%），而且第 1，2 和 3 代成虫获得率相近；取食布丁人工饲料的斑翅肩花蝽成虫，在产卵前期、产卵期、产卵量与对照组均无显著差异，但孵化率、成虫寿命存在显著差异，取食布丁人工饲料的卵孵化率为 85.8%，成虫寿命为 51.9 ± 4.0 d，而对照组的卵孵化率仅为 71.4%，成虫寿命仅为 37.4 ± 2.6 d。林间释放用布丁人工饲料饲养的斑翅肩花蝽，若虫和成虫均有效捕食铁杉球蚜。因此，此种布丁人工饲料可用于大量饲养繁殖斑翅肩花蝽，满足大面积生物防治铁杉球蚜的需要。

关键词：斑翅肩花蝽；铁杉球蚜；布丁人工饲料；人工繁殖；生物防治
中图分类号：Q968.1 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296(2013)01-0104-07

Evaluation of an artificial pudding diet for rearing *Tetraphleps galchanoides* (Hemiptera: Anthocoridae)

LI Li[1,#,*], YANG Jia-Ni[2,#], YANG Hua[3], HU Hai-Hong[1] (1. Research Institute of Resource Insects, Chinese Academy of Forestry, Kunming 650224, China; 2. Liangxi Science Experimental Class of 2010, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 3. Yunnan Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650051, China)

Abstract: *Tetraphleps galchanoides* Ghauri is an important natural enemy to the hemlock woolly adelgid (HWA), *Adelges tsugae* (Annand). An artificial pudding diet (APD) mainly consisting of protein, fat and carbohydrates was prepared with the production rate of 74.5%, the moisture content of 8.6%, and the score of sensory evaluation of 81.7. To evaluate the efficiency of APD for rearing *T. galchanoides*, the developmental duration and survival rate of nymphs and the reproductive capacity of *T. galchanoides* fed on APD were observed in the laboratory, and the predation rates of nymphs and adults reared with APD were also investigated in the field. The results showed that there was no significant difference ($P > 0.05$) in the developmental duration between *T. galchanoides* nymphs fed on APD (103.2 ± 6.5 d) and on HWA (105.7 ± 8.4 d). The survival rate of *T. galchanoides* nymphs fed on APD (73.2%) was lower than that fed on HWA (77.4%). The acquisition rates of *T. galchanoides* adults of the 1st, 2nd, and 3rd generations fed on HWA were the same with those fed on APD. There was no significant difference in pre-oviposition period, oviposition period, and oviposition amount between *T. galchanoides* adults fed on APD and those on HWA. Significant differences were found between the hatching rates of eggs laid by female adults fed on APD (85.8%) and HWA (71.4%), and in the longevity between female adults fed on APD (51.9 ± 4.0 d) and HWA (37.4 ± 2.6 d). *T. galchanoides* fed on APD

基金项目：美国农业部林务局资助项目(09-IC-11420004-064)
作者简介：李立，男，1966 年生，云南普洱人，美国林务局研究入侵生物合作伙伴，主要从事森林昆虫及生态学研究，E-mail：lili19661118@126.com；杨佳妮，女，1992 年生，云南昆明人，本科生，生态学专业，E-mail：fay1992@126.com
[#]共同第一作者 Authors with equal contribution
[*]通讯作者 Corresponding author，E-mail：lili19661118@126.com
收稿日期 Received：2012-07-06；接受日期 Accepted：2012-12-14

preyed HWA effectively in the field. Thus, APD can be used for the mass rearing of *T. galchanoides*, which can be applied for biological control of HWA on a large scale.

Key words: *Tetraphleps galchanoides*; *Adelges tsugae*; artificial pudding diet; artificial rearing; biological control

斑翅肩花蝽 *Tetraphleps galchanoides* Ghauri 属半翅目(Hemiptera)花蝽科(Anthocoridae)，是我国西南部高海拔地区以云南铁杉 *Tsuga dumosa* 为主的针阔叶混交林中的一种重要捕食性天敌，在自然状态下成虫和若虫主要捕食铁杉球蚜 *Adelges tsugae* (Annand) (hemlock woolly adelgid)，少量捕食冷杉球蚜 *Aphrastasia pectinatae* (Cholodkovsky)、华山松球蚜 *Pineus armandicola* Zhang 和落叶松球蚜 *Adelges laricis* Vallot，食性比较专一，是生物防治铁杉球蚜的主要天敌(McAvoy *et al*., 2007；李立等，2009，2011)。近年来，国内外对斑翅肩花蝽生物生态学、捕食作用及食性选择等方面做过一些研究(Ghauri, 1972；柯云玲和卜文俊，2005；McAvoy *et al*., 2007；李立等，2009，2011)，但对其人工饲料的研究却鲜见报道，仅在几种小花蝽的人工饲料进行了为数不多的研究，主要集中在美洲小花蝽 *Orius insidiosus* 固体(Armer *et al*., 1998；王广鹏等，2005)、南方小花蝽 *Orius similis* Zhang 液体(张士昶等，2008)及东亚小花蝽 *Orius sauteri* 微胶囊剂型(谭晓玲等，2010)等人工饲料研究上，其中微胶囊剂型人工饲料具有良好的软硬度和保水性，比较适于刺吸式口器的天敌昆虫取食，相比液态及固态人工饲料，更能够满足其生长发育和繁殖的需要，但人工饲料微胶囊剂型制作工艺较复杂，以及对饲养昆虫的毒性还不明确，目前仅应用于东亚小花蝽饲养繁殖(Silva *et al*., 2006；谭晓玲等，2010)。作者于 2010－2012 年期间，在斑翅肩花蝽饲养繁殖实验过程中，用自主配制的人工饲料对斑翅肩花蝽生长发育、繁殖及捕食的影响进行了研究，结果报道如下。

1　材料与方法

1.1　供试虫源

2010 年 5 月下旬至 6 月上旬，斑翅肩花蝽采自云南省丽江市玉龙县老君山河源林场(26°39′22.0″N, 99°48′41.5″E, 海拔 2 919 m)。将所采集的斑翅肩花蝽若虫 269 头和成虫 732 头带回实验室，放入 9 cm×10 cm 塑料盒中，置于温度(白天 15±3℃，夜晚 10±1℃)，相对湿度 78%±2%，光周期 18L∶6D 的人工气候箱(RXZ 型，宁波江南制造厂)内，用自然寄主铁杉球蚜饲养，扩繁增殖并获得了大量供试虫。

1.2　布丁人工饲料的配制及剂型性状评定

实验室内将低脂奶粉 215 g、松花粉 74 g、蜂蜜 22 g、白砂糖 16 g、啤酒酵母粉 8.3 g(以上 5 种产品均购自昆明立英杰生物科技公司)、山梨酸钾 1.7 g (昆明化学试剂公司产品)和蒸馏水 620 mL 混合搅拌均匀后，放入 12 cm×25 cm 不锈钢容器内用蒸锅(中火)蒸 40 min，蒸到 5 成熟时，取出放入蒸馏水中浸泡 10 min，冷却后用布丁切块机(TIKIDA 型，厦门天机达科技有限公司)切成 5 mm×5 mm×5 mm 正方形即布丁人工饲料，放在密封塑料袋里置于 10℃ 冰箱中冷藏备用。实验用布丁人工饲料共制备 6 组，每组 50 块，6 次重复，并对布丁人工饲料外形、色泽、致密度、弹性的指标进行感官评定。各项指标评定标准采用百分制：(1)外形：剂型完整，呈正方形；(2)色泽：白色或淡黄色，颜色均匀；(3)致密度：表面光滑，组织紧密，无凹凸；(4)弹性：剂型不分散，有弹性。每组布丁人工饲料的平均产率的计算公式为：平均产率＝该组布丁人工饲料总质量/该制品原材料总质量×100%；每组布丁人工饲料的平均含水率的计算公式为：平均含水率＝$(W-W_1)/W\times100\%$，其中 W 为称取的该组布丁人工饲料总质量，W_1 为该组布丁人工饲料放入恒温箱中烘 90 min 取出冷却后称取的总质量。

1.3　布丁人工饲料对斑翅肩花蝽生殖及捕食效应的影响

1.3.1　斑翅肩花蝽若虫发育历期观察：挑选健康的斑翅肩花蝽初孵若虫 1 头，放入带有尼龙纱网透气口、底部垫置湿润滤纸 2 cm×6 cm 塑料培养皿中，以实验用布丁人工饲料在人工气候箱内(温度 12±3℃，相对湿度 75%±5%，光周期 18L∶6D)连续饲养 3 代。以铁杉球蚜饲养的斑翅肩花蝽作为对照。每头斑翅肩花蝽为 1 个重复，处理和对照各设 40 次重复。每隔 24 h 更换 1 次布丁人工饲料和铁杉球蚜，并用“泰克”双目解剖镜(XTL2012 型，北京泰克仪器制造厂)观察记录斑翅肩花蝽各龄若虫

发育历期。

1.3.2 斑翅肩花蝽若虫存活率测定：用实验1.3.1中连续饲养的第1，2和3代斑翅肩花蝽初蜕皮的各龄(1–5龄)若虫1头，放入塑料培养皿(同1.3.1)中，在人工气候箱(同1.3.1)内，以实验用布丁人工饲料2块喂养，将1–4龄若虫分别从初次蜕皮喂养到再蜕皮为止，5龄若虫喂养到羽化为成虫，并用30头铁杉球蚜喂养斑翅肩花蝽各龄若虫1头作为对照。每头斑翅肩花蝽各龄若虫分别为1个重复，处理和对照各设30次重复。每隔24 h更换1次布丁人工饲料和铁杉球蚜，并检查记录斑翅肩花蝽各龄若虫存活数量。每龄若虫的平均存活率计算公式：平均存活率 = 该龄若虫的存活数/该处理样本数 ×100%。5龄若虫的存活率即该处理的成虫获得率。

1.3.3 斑翅肩花蝽成虫繁殖力测定：挑选初羽化的斑翅肩花蝽雌雄成虫各1头配对，交配成功后将该雌成虫和实验用布丁人工饲料4块、新鲜云南铁杉叶片5片(做产卵基质)组合放入带有尼龙纱网透气口2 cm×9 cm塑料培养皿中，在人工气候箱(1.3.1气候模式)内连续饲养3代，每代饲养至雌成虫产卵后死亡。在同样条件下，用40头铁杉球蚜饲养斑翅肩花蝽雌成虫1头作为对照。每头斑翅肩花蝽成虫为1个处理，实验和对照各设30次重复。每隔24 h更换1次布丁人工饲料、铁杉球蚜、产卵基质，并检查产卵及卵孵化数量。卵平均孵化率计算公式为：卵平均孵化率 = 该卵孵化数/该处理样本数 ×100%。整个饲养期间观察记录斑翅肩花蝽雌成虫产卵前期和产卵期持续时间及寿命(从羽化至产卵后死亡的时间)。

1.3.4 斑翅肩花蝽若虫与成虫捕食量调查：在老君山河源林场附近林地里，选择每个枝条有60头铁杉球蚜寄生的云南铁杉枝条若干，并用30 cm×50 cm尼龙纱网笼罩这些枝条，试验在笼罩每个枝条上释放用布丁人工饲料饲养繁殖的第1，2和3代斑翅肩花蝽4–5龄若虫或成虫1头。同时，在笼罩每个枝条上释放用铁杉球蚜饲养繁殖的斑翅肩花蝽若虫(龄期同上)或成虫1头作为对照。每头斑翅肩花蝽若虫或成虫为1个重复，试验和对照各设40个重复。每隔24 h观察记录捕食量1次，若虫捕食量调查到羽化为止，成虫捕食量调查到死亡为止。若虫或成虫平均捕食率计算公式：平均捕食率 = 该若虫或成虫捕食数量/选择试验样本数 ×100%。

1.4 数据的统计分析

实验数据用SPSS15.0软件进行方差分析(ANOVA)，平均值(±标准误)进行Tukey氏多重比较(Tukey's multiple comparison)测验，显著水平 $P<0.05$。

2 结果与分析

2.1 布丁人工饲料的剂型特征

布丁人工饲料制作原料为22.5%的低脂奶粉、7.7%的松花粉、2.3%的蜂蜜、1.7%的白砂糖、0.9%的啤酒酵母粉、0.2%的山梨酸钾和64.7%的蒸馏水，这些原料主要成分有蛋白质、脂肪、碳水化合物以及水和其他物质。制备的布丁人工饲料性状指标及感官评定结果(表1)：1~6组布丁人工饲料产率均在65%以上，其中第3组产率超过80%，布丁人工饲料制品平均产率(74.5%)较高；1~6组布丁人工饲料含水率均在7%以上，其中第1组含水率接近10%，布丁人工饲料制品平均含水率(8.6%)较高；1~6组布丁人工饲料感官评定得分均在60分以上，其中第5组布丁人工饲料感官评定得分最高达到92.4分，实验用布丁人工饲料平均感官评定得分为81.7分。

2.2 用布丁人工饲料饲养的斑翅肩花蝽若虫发育历期

从表2可见，连续3代饲喂布丁人工饲料斑翅肩花蝽若虫发育历期为103.2±6.5 d，其中第1，2和3代若虫发育历期分别为104.2±7.3，103.0±6.6和102.3±5.9 d，饲喂铁杉球蚜作对照的若虫发育历期稍长为105.7±8.4 d。用布丁人工饲料喂养的斑翅肩花蝽若虫发育历期与用铁杉球蚜作对照喂养的若虫发育历期差异不显著，仅在用布丁人工饲料喂养的第1，2和3代4龄若虫与对照喂养的4龄若虫之间存在显著差异($P<0.001$)。

2.3 用布丁人工饲料饲养的斑翅肩花蝽若虫存活率

从图1可见，饲喂布丁人工饲料的斑翅肩花蝽各龄期若虫存活率第1代最高，为75.5%；其次是第2代，为73.4%；第3代最低，为70.8%。用布丁人工饲料喂养的斑翅肩花蝽各龄若虫平均存活率(73.2%)稍低于用铁杉球蚜喂养的各龄若虫平均存活率(77.4%)，而且第1，2和3代成虫获得率相近，分别为67.5%，66.7%和65.4%，成虫获得量较稳定。

表 1　布丁人工饲料性状指标及感官评定结果

Table 1　Characteristic indexes and sensory evaluation of the artificial pudding diet

分组 Grouping	产率(%) Yield rate	含水率(%) Moisture content	感官评定得分 Score of sensory evaluation
1	76.3 ± 1.5	9.8 ± 0.7	85.8 ± 2.7
2	65.2 ± 0.9	7.4 ± 0.3	63.9 ± 2.1
3	84.6 ± 1.7	9.1 ± 0.6	88.3 ± 4.2
4	72.5 ± 1.3	7.6 ± 0.4	81.2 ± 2.3
5	78.4 ± 2.1	9.5 ± 0.6	92.4 ± 3.8
6	69.7 ± 1.2	8.3 ± 0.5	78.6 ± 1.9
平均值 Average	74.5	8.6	81.7

表中数据为平均值 ± 标准误。Data in the table are mean ± *SE*.

表 2　连续 3 代饲喂布丁人工饲料斑翅肩花蝽若虫的发育历期（d）

Table 2　Developmental duration (d) of *Tetraphleps galchanoides* nymphs fed on the artificial pudding diet (APD) for three consecutive generations

处理 Treatment	1 龄若虫 1st instar nymph	2 龄若虫 2nd instar nymph	3 龄若虫 3rd instar nymph	4 龄若虫 4th instar nymph	5 龄若虫 5th instar nymph
用 APD 饲养 1 代 Feeding with APD for 1 generation	7.4 ± 1.2(23)a	13.5 ± 1.7(23)a	18.9 ± 2.1(23)a	24.6 ± 2.2(23)a	39.8 ± 3.0(23)a
用 APD 饲养 2 代 Feeding with APD for 2 generations	6.8 ± 1.1(21)a	13.7 ± 1.5(21)a	17.6 ± 1.8(21)a	22.5 ± 1.9(21)a	42.4 ± 3.5(21)a
用 APD 饲养 3 代 Feeding with APD for 3 generations	6.5 ± 0.7(18)a	13.2 ± 1.3(18)a	18.5 ± 1.9(18)a	23.8 ± 2.3(18)a	40.3 ± 3.2(18)a
饲喂铁杉球蚜(对照) Feeding with *Adelges tsugae* (CK)	6.7 ± 0.9(27)a	12.3 ± 1.2(27)a	17.4 ± 2.0(27)a	34.2 ± 2.5(27)b	35.1 ± 2.8(27)a

表中数据为平均值 ± 标准误，同列数据后有不同字母表示经 Tukey 氏多重比较后差异显著($P < 0.05$)；圆括号内的数字表示样本数；表 3 和表 4 同。Values (mean ± *SE*) followed by different letters within a column are significantly different by Tukey's multiple comparison test at $P < 0.05$. Number of samples is in parentheses. The same for Tables 3 and 4.

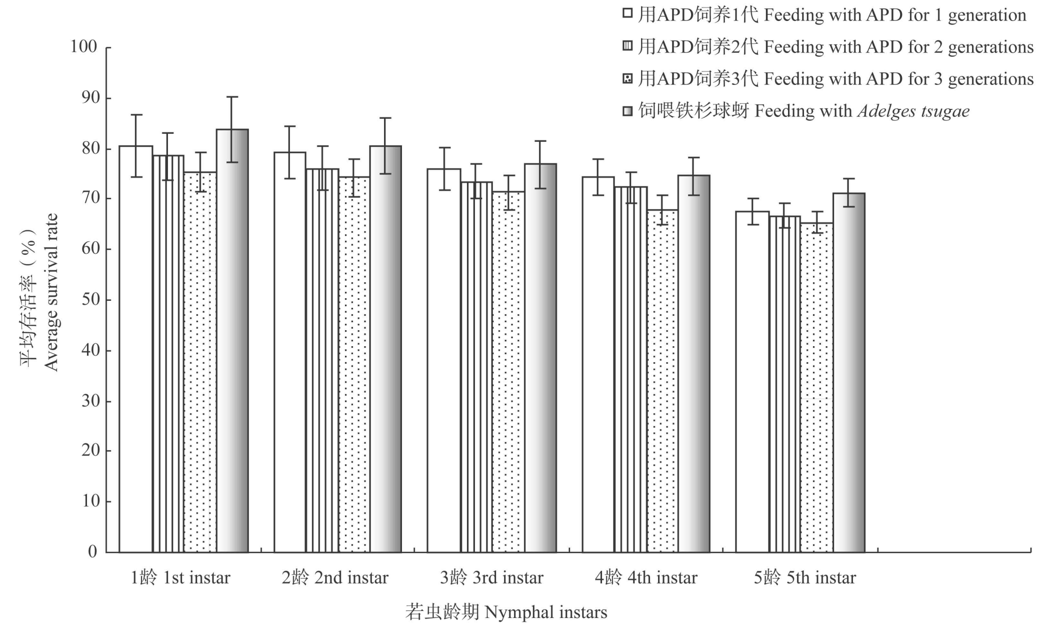


图 1　饲喂布丁人工饲料与铁杉球蚜斑翅肩花蝽若虫龄期存活率比较

Fig. 1　Comparison of survival rates of different instars of *Tetraphleps galchanoides* nymphs fed on the artificial pudding diet (APD) and *Adelges tsugae*

2.4 用布丁人工饲料饲养的斑翅肩花蝽成虫繁殖力

实验室内用布丁人工饲料喂养的斑翅肩花蝽成虫能够完成世代的生殖生长。方差分析结果(表3)表明,连续3代饲喂布丁人工饲料斑翅肩花蝽雌成虫的产卵前期、产卵期、产卵量与饲喂铁杉球蚜作对照的均无显著差异,但在孵化率、成虫寿命方面存在显著差异($P<0.001$)。饲喂布丁人工饲料斑翅肩花蝽卵孵化率为85.8%,其中第1,2和3代卵孵化率分别为88.6%,86.1%和82.7%,而对照的卵孵化率仅为71.4%。饲喂布丁人工饲料斑翅肩花蝽雌成虫寿命长达51.9±4.0 d,其中第1,2和3代斑翅肩花蝽雌成虫寿命分别为53.7±4.4,52.3±4.1和49.6±3.5 d,而对照的雌成虫寿命仅为37.4±2.6 d。

2.5 用布丁人工饲料饲养的斑翅肩花蝽若虫与成虫捕食效率

野外释放用布丁人工饲料饲养繁殖的斑翅肩花蝽若虫和成虫均有效捕食铁杉球蚜。方差分析结果(表4)表明,连续3代取食布丁人工饲料斑翅肩花蝽成虫的捕食量、捕食率与取食铁杉球蚜作对照的成虫捕食量、捕食率无显著差异,仅在若虫之间的捕食量、捕食率有着显著差异($P<0.001$)。取食布丁人工饲料斑翅肩花蝽第1,2和3代若虫捕食量分别为39.2±4.3,37.5±3.2和35.9±2.7头,而对照的若虫捕食量较高为47.8±5.4头。取食布丁人工饲料斑翅肩花蝽第1,2和3代若虫捕食率分别为65.3%,62.5%和60.0%,而对照的若虫捕食率较高为79.7%。

表3 连续3代饲喂布丁人工饲料斑翅肩花蝽成虫的繁殖特征

Table 3 Reproductive characteristics of *Tetraphleps galchanoides* adults fed on the artificial pudding diet (APD) for three consecutive generations

处理 Treatment	产卵前期(d) Pre-oviposition	产卵期(d) Oviposition period	产卵量 Oviposition amount	卵孵化率(%) Egg hatch rate	雌虫寿命(d) Female longevity
用APD饲养1代 Feeding with APD for 1 generation	6.7±0.8(19)a	13.2±1.4(19)a	55.2±4.1(19)a	88.6±7.5(19)a	53.7±4.4(19)a
用APD饲养2代 Feeding with APD for 2 generations	7.1±1.1(17)a	13.5±1.6(17)a	51.6±3.8(17)a	86.1±5.6(17)a	52.3±4.1(17)a
用APD饲养3代 Feeding with APD for 3 generations	6.3±0.9(14)a	12.7±1.2(14)a	50.9±3.6(14)a	82.7±4.3(14)a	49.6±3.5(14)a
饲喂铁杉球蚜(对照) Feeding with *Adelges tsugae* (CK)	7.4±1.0(22)a	14.6±1.7(22)a	53.1±4.0(22)a	71.4±3.2(22)b	37.4±2.6(22)b

表4 连续3代取食布丁人工饲料斑翅肩花蝽若虫与成虫的捕食能力

Table 4 Preying capacity of *Tetraphleps galchanoides* nymphs and adults fed on the artificial pudding diet for three consecutive generations

处理 Treatment	若虫 Nymph		成虫 Adult	
	捕食量 Preying amount	捕食率(%) Preying rate	捕食量 Preying amount	捕食率(%) Preying rate
用APD饲养1代 Feeding with APD for 1 generation	39.2±4.3(31)a	65.3±4.3(31)a	50.1±7.0(31)a	83.5±7.0(31)a
用APD饲养2代 Feeding with APD for 2 generations	37.5±3.2(29)a	62.5±3.2(29)a	48.4±5.6(29)a	80.7±5.6(29)a
用APD饲养3代 Feeding with APD for 3 generations	35.9±2.7(26)a	60.0±2.7(26)a	46.7±4.4(26)a	77.8±4.4(26)a
饲喂铁杉球蚜(对照) Feeding with *Adelges tsugae* (CK)	47.8±5.4(33)b	79.7±5.4(33)b	45.9±3.5(33)a	76.5±3.5(33)a

3　讨论

自 1992 年至今，中美双方开展铁杉球蚜及其天敌昆虫研究已持续进行了 20 年，在此期间对天敌弧结毛瓢虫 *Scymnus*（*Neopullus*）*camptodromus* Yu *et* Liu、波结毛瓢虫 *Scymnus*（*Neopullus*）*sinuanodulus* Yu *et* Yao（虞国跃等，1997；Yu *et al*.，2000）、伪郭公虫 *Laricobius nigrinus* Fender（Zilahi-Balogh *et al*.，2002，2003）和斑翅肩花蝽（McAvoy *et al*.，2007；李立等，2009，2011）研究中，均涉及到饲养繁殖、扩大种群问题，其中天敌饲料研究是我们重点研究对象之一（Lamb *et al*.，2005；虞国跃，2008；Salom *et al*.，2012）。在近几年斑翅肩花蝽饲养繁殖实验过程中，应用自主配制的布丁人工饲料，对采自天然云南铁杉林中斑翅肩花蝽进行饲养，并以林间寄主铁杉球蚜饲养的斑翅肩花蝽作对照，实验结果表明了所配制的布丁人工饲料能够成功饲养斑翅肩花蝽，并满足其生长发育、繁殖及捕食的营养需求。

斑翅肩花蝽低龄若虫（1 – 3 龄）选择布丁人工饲料和自然猎物铁杉球蚜食性略相同，由于个体较小，活动性弱，取食后容易获得营养补充，迅速完成其生长发育，因此各龄若虫发育历期差异不显著。个体稍大的 4 龄若虫，其活动性与 1，2 和 3 龄若虫相比较强，对布丁人工饲料及铁杉球蚜取食能力有所不同，该龄若虫取食铁杉球蚜后，发育阶段表现出显著的历期延长。随着个体生长，若虫对布丁人工饲料适应性不断增加，高龄若虫（5 龄）发育历期与取食铁杉球蚜的无显著差异。用布丁人工饲料喂养的 1，2 和 3 代 5 龄若虫羽化为成虫也未受影响，成虫获得率均在 65% 以上，并与铁杉球蚜喂养的相似。斑翅肩花蝽雌成虫用布丁人工饲料喂养后的孵化率较高、寿命较长，这可能是布丁人工饲料含有丰富的虫体所必需营养成分和微量元素的原因。取食布丁人工饲料的斑翅肩花蝽若虫在林间释放后，若虫捕食铁杉球蚜时有些蚜虫喜欢寻找空隙钻入逃避被捕食，造成若虫之间的捕食能力有较大差异。斑翅肩花蝽成虫和若虫群集捕食铁杉球蚜，捕食率较高，可以实现生物防治铁杉球蚜需要。

国内外学者用植物和动物蛋白为主要营养成分配制的人工饲料饲养美洲小花蝽，在产卵量、卵孵化率、捕食能力等方面与用自然猎物饲养的均有显著提高，证明了用人工饲料饲养天敌昆虫的可行性（Ferkovich and Shapiro，2004；王广鹏等，2005；Bueno *et al*.，2006；Osekre *et al*.，2008）。斑翅肩花蝽用布丁人工饲料饲养后，所产卵是否能够孵化，若虫和成虫在野外释放后捕食效率高低，是评价该饲料优劣的两个最重要标准。在本研究中，由于所配制的布丁人工饲料成分复杂，主要成分的含量尚不清楚，斑翅肩花蝽究竟获取哪种营养成分补充后在提高卵孵化和捕食能力上起到关键作用，还有待进一步实验佐证。另外，斑翅肩花蝽若虫和成虫野外捕食量试验调查，仅在猎物（铁杉球蚜）中密度条件下完成，而对于高、低密度条件下猎物，斑翅肩花蝽若虫和成虫捕食率有何变化，以及成虫在野外释放后有怎样繁殖能力，尚待今后深入研究。

目前用布丁人工饲料饲养斑翅肩花蝽，有效解决了因直接用饲料饲养时存在失水、硬化、腐烂、污染等问题（Bueno *et al*.，2006），提高了人工饲料的效能。对所配制布丁人工饲料外形、色泽、致密度、弹性指标进行感官评定，优质品所占量比较大，表明了人工饲料剂型完整、颜色均匀、组织紧密、表面光滑、富有弹性及较高的含水量，适宜刺吸式口器的天敌斑翅肩花蝽取食。但在斑翅肩花蝽饲养过程中，正方形布丁人工饲料体积稍大，且会挥发出极少量松香气味，对斑翅肩花蝽取食有些影响，什么形状、体积的布丁人工饲料（如卵形、棒形）更适合斑翅肩花蝽取食，以及如何消除饲料中的特殊气味，是今后该人工饲料配方及剂型改良的重要研究方向。另外，布丁人工饲料加工制作简单、产率高、储存保管方便，比较适合批量生产，用于大规模人工饲养繁殖斑翅肩花蝽，满足大面积生物防治铁杉球蚜需要。

致谢　感谢北京市农林科学院植物保护环境保护研究所虞国跃研究员对本文审阅及修改。

参考文献（References）

Armer CA，Wiedenmann RN，Bush DR，1998. Plant feeding site selection on soybean by the facultatively phytophagous predator *Orius insidiosus*. *Entomol. Exp. Appl*.，86：109 – 118.

Bueno VHP，Mendes SM，Carvalho LM，2006. Evaluation of a rearing-method for the predator *Orius insidiosus*. *Bulletin of Insectology*，59（1）：1 – 6.

Ferkovich SM，Shapiro JP，2004. Increased egg-laying in *Orius insidiosus*（Hemiptera：Anthocoridae）fed artificial diet supplemented with an embryonic cell line. *Biological Control*，31：11 – 15.

Ghauri MSK，1972. The identity of *Orius tantillus*（Motschulsky）and

notes on other Oriental Anthocoridae (Hemiptera, Heteroptera). *J. Nat. Hist.*, 6: 409 – 421.

Ke YL, Bu WJ, 2005. A morphological study on female copulatory tubes of the genus *Tetraphleps* Fieber (Hemiptera: Heteroptera: Anthocoridae) from China. *Acta Entomologica Sinica*, 48(3): 391 – 395. [柯云玲, 卜文俊, 2005. 中国肩花蝽属雌性交配管的形态研究 (半翅目: 异翅亚目: 花蝽科). 昆虫学报, 48(3): 391 – 395]

Lamb A, Salom SM, Kok LT, 2005. Survival and reproduction of *Laricobius nigrinus* Fender (Coleoptera: Derodontidae), a predator of hemlock woolly adelgid, *Adelges tsugae* Annand (Homoptera: Adelgidae) in field cages. *Biological Control*, 32: 200 – 207.

Li L, Montgomery ME, Yu GY, 2009. Functional responses of *Tetraphleps galchanoides* preying on different stages of hemlock woolly adelgid. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(1): 72 – 76. [李立, Montgomery ME, 虞国跃, 2009. 斑翅肩花蝽对铁杉球蚜的捕食作用. 昆虫知识, 46(1): 72 – 76]

Li L, Yu GY, McAvoy TJ, Reardon RC, Wu Y, Salom SM, He JF, 2011. The biological characteristics, habitat and food selection of *Tetraphleps galchanoides* (Hemiptera: Anthocoridae). *Acta Entomologica Sinica*, 54(7): 800 – 808. [李立, 虞国跃, McAvoy TJ, Reardon RC, 吴云, Salom SM, 和景福, 2011. 斑翅肩花蝽生物学特性、生境及食性选择. 昆虫学报, 54(7): 800 – 808]

McAvoy TJ, Zilahi-Balogh GMG, Salom SM, Kok LT, Zhang GL, 2007. Development and feeding of *Tetraphleps galchanoides*, a predator of hemlock woolly adelgid. *BioControl*, 52: 339 – 350.

Osekre EA, Wright DL, Marois JJ, Maihot DJ, 2008. Predator-prey interactions between *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae) and *Frankliniella tritici* (Thysanoptera: Thripidae) in cotton blooms. *Journal of Cotton Science*, 12: 195 – 201.

Salom SM, Kok LT, Lamb AB, Jubb C, 2012. Laboratory rearing of *Laricobius nigrinus* (Coleoptera: Derodontidae), a predator of the hemlock woolly adelgid (Hemiptera: Adelgidae). *Psyche*, 93: 1 – 9.

Silva CM, Ribeiro AJ, Figueiredo M, Ferreira D, Veiga F, 2006. Microencapsulation of hemoglobin in chitosan-coated alginate microspheres prepared by emulsification/internal gelation. *The AAPS Journal*, 7(4): 903 – 913.

Tan XL, Wang S, Li XL, Zhang F, 2010. Optimization and application of microencapsulated artificial diet for *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). *Acta Entomologica Sinica*, 53(8): 891 – 900. [谭晓玲, 王甦, 李修炼, 张帆, 2010. 东亚小花蝽人工饲料微胶囊剂型的研制及饲养效果评价. 昆虫学报, 53(8): 891 – 900]

Wang GP, Zhang F, Sun QT, Gao M, 2005. Research advances in mass rearing of *Orius* spp. *Natural Enemies of Insects*, 27(2): 83 – 90. [王广鹏, 张帆, 孙庆田, 高明, 2005. 小花蝽人工大量饲养研究进展. 昆虫天敌, 27(2): 83 – 90]

Yu GY, 2008. Ladybird, Ladybird. Chemical Industry Press, Beijing. 40 – 43. [虞国跃, 2008. 瓢虫瓢虫. 北京: 化学工业出版社. 40 – 43]

Yu GY, Montgomery ME, Yao DF, 2000. Lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) from Chinese hemlocks infested with the hemlock woolly adelgid, *Adelges tsugae* Annand. *Coleopt. Bull.*, 54(2): 154 – 199.

Yu GY, Yao DF, Liu HP, 1997. The Coccinellidae collected from *Tsuga* with *Adelges tsugae* Annand (Homoptera: Adelgidae). *Scientia Silvae Sinicae*, 33(5): 432 – 440. [虞国跃, 姚德富, 刘后平, 1997. 铁杉上的瓢虫种类研究(鞘翅目: 瓢虫科). 林业科学, 33(5): 432 – 440]

Zhang SC, Zhou XM, Pan Y, Lei CL, 2008. Evaluation of an artificial liquid diet of *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae). *Acta Entomologica Sinica*, 51(9): 997 – 1001. [张士昶, 周兴苗, 潘悦, 雷朝亮, 2008. 南方小花蝽液体人工饲料的饲养效果评价. 昆虫学报, 51(9): 997 – 1001]

Zilahi-Balogh GMG, Kok LT, Salom SM, 2002. Host specificity of *Laricobius nigrinus* Fender (Coleoptera: Derodontidae), a potential biological control agent of the hemlock woolly adelgid, *Adelges tsugae* Annand (Homoptera: Adelgidae). *BioControl*, 24: 192 – 198.

Zilahi-Balogh GMG, Salom SM, Kok LT, 2003. Development and reproductive biology of *Laricobius nigrinus*, a potential biological control agent of *Adelges tsugae*. *BioControl*, 48: 293 – 306.

(责任编辑: 武晓颖)